

# Brandwerendheid van kalkzandsteenwanden

**VNK** VERENIGING NEDERLANDS KALKZANDSTEENPLATFORM



# Bouwkundige brandwerendheid

In Nederland zijn de rekenregels NEN-EN 1996-1-1 en NEN-EN 1996-1-2 voor stapelbouw ingevoerd. Dergelijke Europese product- en met name testnormen vormen de basis voor beoordelingscriteria die in heel Europa gelijk zijn. Hierdoor was nieuw onderzoek nodig. De Europese kalkzandsteenindustrie zag dat al in 2006 in.

Nieuwe Europese testnormen betekenen ook nieuwe, van de huidige testmethode én van historische bevindingen afwijkende resultaten. Aan de andere kant betekenen ze dat de kosten voor dure brandtests kunnen worden gedeeld. Nederland, België, Duitsland en Polen – de meest actieve leden van de Europese Vereniging van Kalkzandsteenproducenten, ECSPA – besloten de problemen die ontstonden uit de nieuwe brandtest- en berekeningsnormen gezamenlijk aan te pakken.

In dit gezamenlijke ECSPA-onderzoek is voor het eerst systematisch de brandwerendheid van kalkzandsteenwanden onderzocht op basis van brandtests en daaraan gekoppelde thermisch-mechanische numerieke berekeningen. Daarnaast is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de belangrijkste invloeden op de brandweerstandsduur van tevoren te bepalen.

De eerste resultaten van dit onderzoek staan in deze brochure. Het ging er vooral om het tot nu toe bekende draagvermogen van kalkzandsteenwanden bij brand te controleren onder de nieuwe randvoorwaarden. Het cijfermatige onderzoek maakte dat het aantal tests beperkt kon blijven en ook bevindingen uit het verleden bij het onderzoek konden worden betrokken.

# Waarschijnlijkheid van brand

Vuur was (ook) in vroeger tijden zowel een hulpmiddel als een bedreiging. Grote branden met verwoestende gevolgen, zowel sociaal als economisch, zijn er altijd geweest. Het gevolg van zo'n brand was een verscherping van de bouwvoorschriften met daarin de eis dat niet-brandbare bouwmaterialen zouden worden gebruikt.

De waarschijnlijkheid van het uitbreken van een brand wordt vaak onderschat. Uit Zwitsers statistisch onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat in een gemiddelde woning iedere 360 jaar brand uitbreekt; in meergezinswoningen zelfs iedere 70 jaar. Daarbij maakt het nogal wat uit of een gebouw van hout is of van een steenachtig bouw materiaal. Dan is niet alleen de waarschijnlijkheid van het optreden van een brand, maar ook de omvang van de schade veel kleiner. Ook zijn de saneringskosten vaak lager doordat fundamentele delen opnieuw kunnen worden gebruikt.

## Brandgedrag van kalkzandsteen

Kalkzandsteen (en minerale mortel) leveren geen bijdrage aan een brand. Ze kunnen, zonder verdere test, worden beschouwd als onbrandbare producten van klasse A. Het gunstige gedrag van kalkzandsteenmetselwerk bij brand heeft alles te maken met het bouw materiaal zelf en het productieproces.

Kalkzandsteen bevat in vergelijking met andere minerale bouwmaterialen een hoog percentage kristalwater. Het is een bouw materiaal uit calciumsilicaat dat onder hydrothermale omstandigheden in autoclaven (druk vaten) wordt verhard. Gedurende dat proces wordt water op verschillende manieren gebonden. Er is fysisch gebonden water dat in de ontstane bindmiddelfasen (CSH-fasen) chemisch in de kristalstructuur wordt opgenomen. Ongeveer een derde deel bevindt zich bij kalkzandsteen in de poriestructuur als 'vrij', ofwel niet-gebonden water.

Bij brand tot 100°C verdampt in kalkzandsteen eerst het 'vrije' poriënwater. Bij temperaturen tussen 300 en 500°C komt eerst het gebonden kristalwater vrij en daarna het in de CSH-fasen chemisch gebonden water, waardoor de structuur van het bouw materiaal verandert. De druksterkte neemt in dat geval zelfs toe. De structuur van kalkzandsteen wordt pas echt aangetast bij temperaturen boven 600°C. Dan nog blijft de wand intact en springen er geen stukken af, in tegenstelling tot veel andere minerale bouwmaterialen. In plaats daarvan veranderen de CSH-fasen bij temperaturen boven 600°C langzaam in andere calciumsilicaten. Deze vormen een laag die geen draagvermogen heeft, maar wel warmte-isolerend is. Zodoende stijgt de temperatuur in het resterende dragende gedeelte minder sterk – een actieve bijdrage aan de brandwerendheid.



*Zijaanzicht van kalkzandsteen dat afkomstig is uit een wand die meer dan 300 minuten (5 uur) werd blootgesteld aan brand. De temperatuur in de brandhaard steeg tot boven 1.000°C. De structureel veranderde kalkzandsteenlaag, hier zo'n 65 millimeter dik, is duidelijk te herkennen.*



Bij het Europees Comité voor Normalisatie (European Committee for Standardization) zijn voor het controleren van het brandgedrag van bouwelementen testmethodes uitgewerkt. Tabel 2 geeft een overzicht van relevante normen voor gemetselde wanden.

De normen worden onderverdeeld in:

- **testnormen:** hoe moet een brandtest op een wand worden uitgevoerd en wat moet er worden vastgelegd;
- **classificatienormen:** in welke classificatie valt de wand op basis van de randvoorwaarden en de testresultaten;
- **berekeningsnormen** (NEN-EN 1996-1-2): hoe wordt de brandwerendheid berekend aan de hand van rekenkundige methodes of tabelwaarden;
- **regels voor 'uitgebreide toepassingsgebieden'** (nog in concept): het vertalen van testresultaten voor niet-testbare toepassingen en historische tests.

Testnormen die relevant zijn voor metselwerk:

- **NEN-EN 1363** omvat de grondbeginselen voor het uitvoeren van brandtests op bouwelementen;
- **NEN-EN 1364-1** omvat speciale eisen en randvoorwaarden voor het uitvoeren van tests op niet-dragende wanden;
- **NEN-EN 1365-1** omvat speciale eisen en randvoorwaarden voor het uitvoeren van tests op dragende wanden.

In NEN-EN 13501-2:2008-01 heeft ieder testcriterium een eigen code (één letter). De hele classificatie bestaat uit verschillende codes en de testduur (in minuten), zie tabel 1 voor een uittreksel. Alle Europese normen met betrekking tot brandpreventie zijn in tabel 2 opgenomen. Voorbeelden van de classificatie van wanden staan in tabel 3.

TABEL 1: BETEKENIS AFKORTINGEN VOLGENS NEN-EN 13501-2:2008 (UITTREKSEL)

Afkorting	Betekenis	Beoordelingscriterium
R	Draagvermogen	Draagvermogen van een dragend bouwdeel
E	Integriteit	Brandcompartimenterende dragende of niet-dragende bouwdelen
I	Isolatie	Warmte-isolatie
M	Mechanische actie	Mechanische invloed op wanden
i → o i ← o i ↔ o	In-out	Richting brandwerendheid bij verticale bouwdelen

# classificatienormen



TABEL 2: EUROPESE NORMEN TEN AANZIEN VAN BRANDPREVENTIE MET BETREKKING TOT METSELWERK

Omschrijving	Norm	Onderwerp
Bepaling van de brandwerendheid	NEN-EN 1363-1:1999-10	Algemene eisen
Bepaling van de brandwerendheid	NEN-EN 1363-2:1999-10	Alternatieven en aanvullende procedures
Bepaling van de brandwerendheid	NEN-EN 1365-1:1999-10	Dragende bouwdelen; wanden
Brandwerendheid niet-dragende bouwdelen	NEN-EN 1364-1:1999-10	Niet-dragende bouwdelen; wanden
Classificatie	NEN-EN 13501-1:2007-05	Classificatie brandgedrag (bouwmaterialen)
Classificatie	NEN-EN 13501-2:2008-01	Classificatie brandweerstand (bouwdelen)
Algemene eisen	NEN-EN 1996-1-2:2006-10	Algemene eisen van metselwerk bij brand
Uitgebreid toepassingsgebied van brandwerendheidsonderzoek	prEN 15080-12:2007	Deel 12: dragend metselwerk
Uitgebreid toepassingsgebied van brandwerendheidsonderzoek	NEN-EN 15254-2:2009-06	Niet-dragende wanden: deel 2: stenen en gipsplaten

TABEL 3: CLASSIFICATIE VAN WANDEN VOLGENS NEN-EN 13501-2

Brandwerendheid	Dragende wanden		Niet-dragende binnenwanden	Niet-dragende buitenwanden	Met bescherming dragend/niet-dragend
	zonder brand-compartimenteeringsfunctie	met brand-compartimenteeringsfunctie			
30 minuten	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i→o) E 30 (o←i)	REI-M 30 EI-M 30
60 minuten	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i→o) E 60 (o←i)	REI-M 60 EI-M 60
90 minuten	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i→o) E 90 (o←i)	REI-M 90 EI-M 90
240 minuten	R 240	REI 240	EI 240	E 240 (i→o) E 240 (o←i)	REI-M 240 EI-M 240

### **Berekening van metselwerk in geval van brand**

NEN-EN 1996-1-2:2005-05 (Eurocode 6) is getiteld 'Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand'. De norm is in verschillende Europese lidstaten als nationale norm ingevoerd. NEN-EN 1996-1-2 is alleen van toepassing in combinatie met een nationale bijlage. Deze bijlage vult de Europese norm aan met de geldende nationale bepalingen. In steeds meer lidstaten is zo'n nationale bijlage beschikbaar, bijvoorbeeld in Groot-Brittannië, Nederland en Frankrijk.

Voor de berekening in geval van brand zijn ook de algemene bepalingen in basisnorm NEN-EN 1990 en de belastingen in NEN-EN 1991 van betekenis. Hierin wordt ook in NEN-EN 1991-1-2, deel 1-2, het temperatuur-tijdverloop als brandinvloed gedefinieerd. Dit gegeven wordt conform NEN-EN 1996-1-2, deel 1-2, meegenomen in de berekening in geval van brand.

Controles kunnen in principe worden uitgevoerd door:

- brandtests op het bouwelement;
- gebruik van tabelwaarden;
- berekening van het bouwelement.

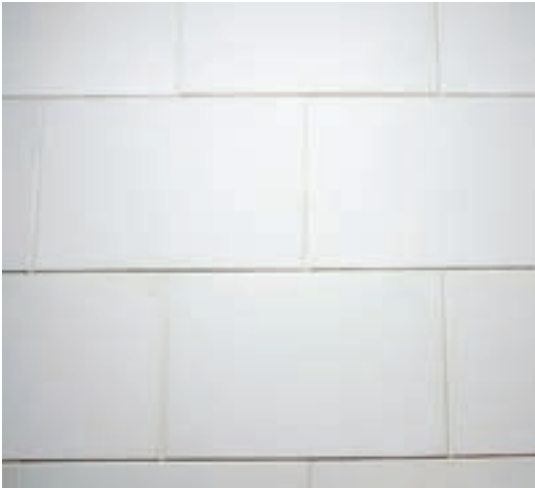
### **Brandtests op het bouwelement**

De huidige kennis over brandweerstand van metselwerk is over het algemeen gebaseerd op brandtests in het verleden. Voor kalkzandsteenmetselwerk zijn historische gegevens grotendeels afkomstig uit Duitsland en Nederland, voornamelijk uit de periode tussen 1980 en 1995. Nadelen van deze resultaten zijn dat ze niet systematisch zijn verkregen en de brandproeven vaak al na een beperkte tijd werden beëindigd. Bovendien werd er getest met belastingen die volgens de geldende norm te laag waren.

### **Gebruik van tabelwaarden**

Tabelwaarden voor kalkzandsteenmetselwerk zoals die voorkomen in de normatieve bijlage B van NEN-EN-1996-1-2, zijn alleen onder bepaalde omstandigheden bruikbaar. In de eerste plaats zijn ze verkregen op basis van historische gegevens. Daarnaast berusten ze op een globaal veiligheidsconcept. Tot slot gelden op nationaal niveau verschillende aanvullende waarden op het gebied van veiligheid. Dat leidt tot verschillende berekeningswaarden voor de draagkracht van metselwerk. Het vastleggen van uniforme, algemeen bruikbare tabelwaarden zal dus ook in de toekomst lastig zijn.





---

De huidige kennis over brandweerstand van metselwerk is in het algemeen gebaseerd op brandtests uit het verleden.

---

### **Berekening van het bouwelement**

De randvoorwaarden voor de controle van bouwelementen kunnen worden overgenomen uit NEN-EN 6-1-2 (paragraaf 2.4.2). NEN-EN 1996-1-2, deel 1-2 bevat een vereenvoudigde rekenmethode die sterk steunt op de verhouding tussen bouwelementen bij kamertemperatuur. De berekening is gebaseerd op vereenvoudigde aannamen voor de verwarming van de bouwelementen en de omschrijving van de bezwijktoestand.





### Alternatieven

Als alternatief mag volgens NEN-EN 1996-1-2, deel 1-2, de brandweerstand ook met een combinatie van brandtests en berekeningen worden gecontroleerd. Daarnaast is er een opmerking over de materiaaleigenschappen bij thermische en mechanische belasting. Het wordt aangeraden de partiële veiligheidscoëfficiënt  $g_{M,fi}$  van 1,0 in de nationale bijlagen te gebruiken, net als tot nu toe voor bijvoorbeeld gewapend beton wordt gedaan.

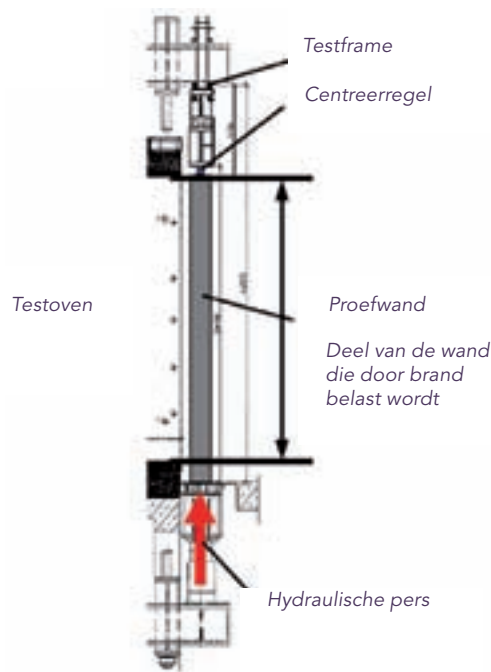
### Nieuwe onderzoeken naar brandwerendheid

Er zijn heel veel verschillende kalkzandsteen- en verwerkingsproducten. Dat maakt dat de brandwerendheid niet met alleen brandtests kan worden gecontroleerd – dat is simpelweg te duur. De weergegeven vereenvoudigde berekeningsmethodes zijn niet exact genoeg en niet voldoende getest om de draagkracht van kalkzandsteenwanden in geval van brand te kunnen beoordelen, ook niet in combinatie met oriënterende brandtests.

Een sterk prognosemodel op basis van de eindigelementenmethode (EEM) biedt de mogelijkheid het aantal tests te beperken. Daarvoor werd een gekoppeld thermisch-mechanisch simulatiemodel ontwikkeld. De uitgangsgegevens voor kalkzandsteenmetselwerk bij belastingen bij hoge temperaturen werden op basis van al bekende onderzoeken vastgelegd.

De gekozen methode was een zogenoemde cyclische optimalisatie van het prognosemodel (zie afbeelding 2). Daarbij worden doorlopend de op dat moment actuele resultaten uit de brandtests 'ingevoerd' in het prognosemodel. De brandtests zelf werden uitgevoerd conform NEN-EN 1365-1:1999 en NEN-EN 1363-1:1999.

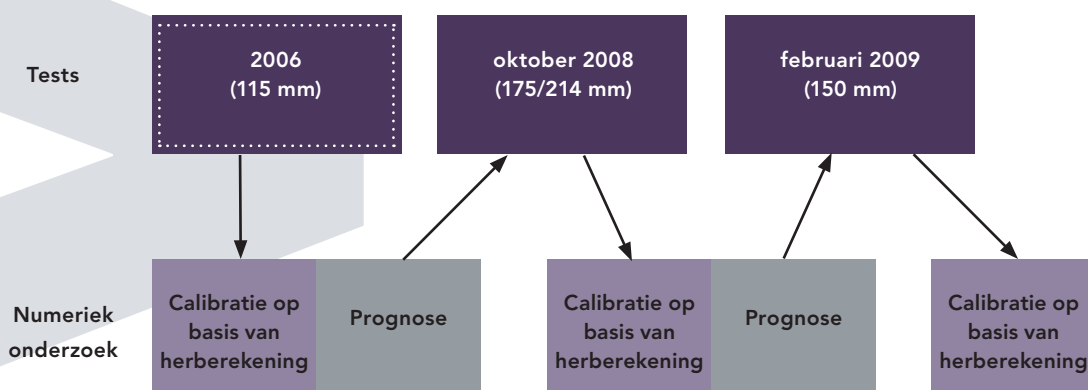
AFBEELDING 1: TESTOPSTELLING



Een voordeel van deze methode is dat de resultaten van de brandtests niet statisch zijn vastgelegd voor actueel geldende randvoorwaarden. Het rekenmodel zorgt ervoor dat ook andere randvoorwaarden kunnen worden gesimuleerd.

Bovendien was het voor de deelnemende projectpartners van de ECSPA belangrijk dat de testresultaten ook aan nationaal afwijkende randvoorwaarden zoals partiële veiligheidscoëfficiënten of druksterkten van het metselwerk konden worden aangepast.

AFBEELDING 2: PROGNOSEMODEL





TABEL 4: TOEGEPASTE KALKZANDSTEEN EN MORTEL

Wand nr.	Kalkzandsteen NEN-EN 771-2					Mortel
	Lengte (mm)	Breedte (mm)	Hoogte (mm)	Gemiddelde genormaliseerde druksterkte (N/mm <sup>2</sup> )	Gemiddelde droge volumieke massa (kg/dm <sup>3</sup> )	
1	897	214	643	22,9	1,78	lijmmortel
2	897	175	514	32,7	2,20	lijmmortel
3	997	175	538	55,2	2,14	lijmmortel
4	248	150	248	27,1	1,83	lijmmortel
5	248	150	248	27,1	1,83	lijmmortel
6	248	150	248	27,1	1,83	metselmortel M10

#### Randvoorwaarden

Bij de brandtests vormde een testwand (3.000 bij 3.000 mm) de verticale afsluiting van een brandkamer (zie afbeelding 1). De werkelijke vrije wandhoogte van de gebruikte testopstelling was 3.250 millimeter. De testwand werd tweezijdig (boven en onder) vastgezet. Tussen de verticale vrije randen en de testwand bevonden zich aan beide zijden kieren van ongeveer 20 millimeter breed die werden afgesloten met minerale wol. De belasting werd via hydraulische drukpersen aan de voet van de wand aangebracht. De brandbelasting was conform het temperatuur-tijdverloop uit NEN-EN 1363-1:1999, paragraaf 5.1.1.

#### Brandtests volgens richtlijnen in Nederland

Een eerste serie brandtests werd uitgevoerd volgens de richtlijnen van de Nederlandse kalkzandsteenindustrie. Kalkzandsteenmetselwerk wordt in Nederland uitgevoerd met gevulde stootvoegen. Ook werden de belastingen voor de tests bepaald volgens de Nederlandse normen. Hieronder (tabel 5) is de berekening weergegeven van het bepalen van de belasting bij brand op een wand van 214 millimeter kalkzandsteen met een gemiddelde, genormaliseerde druksterkte van 20 N/mm<sup>2</sup>. De berekening is uitgevoerd met behulp van het programma VNK STATICA versie 4.0:2008.

TABEL 5: BEREKENING BEPALING BELASTING

<b>Materiaaleigenschappen</b>	
kalkzandsteenkwaliteit volgens NEN-EN 772-1 en NEN 6790:	$f_b = 20,0 \text{ N/mm}^2$
mortelkwaliteit volgens NEN-EN 1015-11	morteltype: lijmmortel
<b>Afmetingen van de wand</b>	
dikte	$h = 214 \text{ mm}$
breedte	$b = 3.000 \text{ mm}$
hoogte	$L = 3.250 \text{ mm}$
<b>Materiaaleigenschappen</b>	
rekenwaarde van de druksterkte	$f'_d = 5,67 \text{ N/mm}^2$
	$e_o = 10,8 \text{ mm}$
<b>Bepaling capaciteit volgens tabel 8 NEN 6790</b>	
slankheid	$\lambda = 15,2$
	$\alpha = 0,67$
uiterst opneembare normaalkracht	$N'_{ud} = 2.451,0 \text{ kN}$

Bij brand in rekening te brengen belasting:  $0,7 \cdot 2.451 = 1.715,7 \text{ kN}$   
 Bij de brandtest is een belasting aangebracht van 1.750 kN

**TABEL 6: GETESTE WANDEN, RANDVOORWAARDEN EN TESTRESULTAAT**

Wand	Uitvoering wandkop	Stootvoegen	Belasting (kN)	Testduur (min)
1	ingeklemd	gevuld	1.740	300
2	ingeklemd	gevuld	1560	300
3	ingeklemd	gevuld	2000	300
4	scharnierend	niet gevuld	1900	90
5	ingeklemd	niet gevuld	1900	240
6	scharnierend	niet gevuld	1200	131

Bovendien werden de tests uitgevoerd op aan de bovenzijde gesteunde wanden, zónder de in EN 1365-1 aangegeven vierkante staaf voor het centreren van de last, maar mét een vlak steunpunt voor de oplegging aan de bovenzijde van de wand.

Er werden drie ongepleisterde wanden getest (tabel 4, wand 1-3), waarbij de wanddikte gelijk was aan de steenbreedte. De testresultaten staan in tabel 6 (wand 1-3). Hoofddoel was het aantonen van een brandweerstandsduur van ten minste 180 minuten (classificatie REI 180, conform de Nederlandse brandwerendheidseisen) en nagaan hoe lang het zou duren voor de testwand zou bezwijken. Daarnaast werden vervormingen van de wanden en de temperaturen in de wanddoorsnede geregistreerd. Al deze informatie diende ook als basis

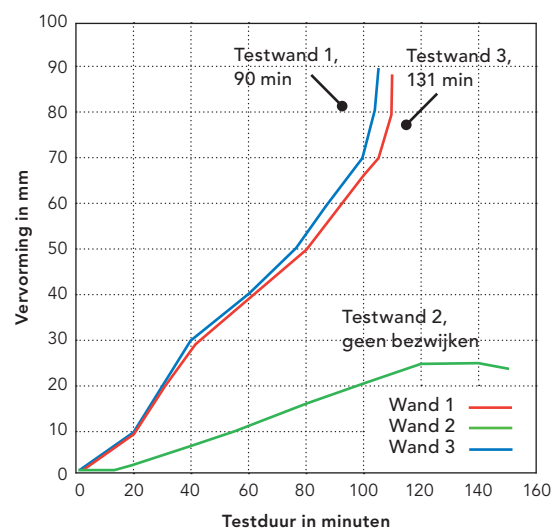
voor de numerieke modelberekeningen. Na de maximale testduur van 300 minuten werden alledrie de tests afgebroken zonder dat de testwanden bezweken.

#### Brandtests volgens richtlijnen Duitsland

In een tweede serie tests werden wanden getest volgens richtlijnen van de Duitse kalkzandsteenindustrie. De wanden waren ongepleisterd en werden uitgevoerd zonder voegmortel in de stootvoegen (tabel 4, wand 4-6). Aan de veilige zijde werden bij de lastbepaling de hogere druksterkten van het metselwerk toegepast conform het actuele concept van DIN 1053-13. Daarbij werd rekening gehouden met de op dat moment geldende Duitse partiële veiligheidscoëfficiënten voor de belastingsituatie brand.



**AFBEELDING 3: VERVORMING TESTWANDEN 1, 2 EN 3**





Om de invloed van het steunpunt aan de bovenzijde van de wand (tabel 6) te bepalen, werden de tests voor wand 4 en 5 met een gelijke belasting uitgevoerd. De belasting werd voor wand 5 bepaald. Door de grotere kniklengte – veroorzaakt door de flexibele vastzetting van de bovenzijde van de wand – was wand 4 zo'n 50% te zwaar belast.

De testresultaten staan in tabel 6 (wand 4-6). De test op wand 5 met ingespannen wandbovenzijde werd na 240 minuten zonder bezwijken afgebroken. Wand 4, met flexibel steunpunt aan de bovenzijde van de wand, bezweek wel. Doorslaggevend waren de door de temperatuur veroorzaakte wandvervormingen. Het steunpunt aan de bovenzijde van de wand heeft dus een grote invloed op de brandweerstandsduur. Praktisch: wanden waarop een betonnen vloer rust, hebben een duidelijk langere brandweerstandsduur dan wanden met een scharnierende (flexibele) vloeroplegging.


Ter vergelijking met wand 4 werd een test met een zesde wand uitgevoerd. Aangezien wand 4 aanzienlijk overbelast was, is een directe vergelijking van de brandweerstandsduur beperkt mogelijk. De duidelijk langere duur van de test kan gedeeltelijk worden verklaard doordat de kleinere belasting zorgt voor geringere wandvervormingen (afbeelding 3).

---

Wanden waarop een betonnen vloer rust, hebben een duidelijk langere brandweerstandsduur dan wanden met een scharnierende (flexibele) vloeroplegging.

---





Afmetingen, mortelsoort en elasticiteits-  
module van het metselwerk hebben een  
onbeduidende invloed op de  
brandweerstandsduur.



# Rekenkundige onderzoeken

De berekeningen werden uitgevoerd met de in NEN-EN 1996-1-2:2005 aangegeven temperatuurafhankelijke verlopen voor de afzonderlijke materiaalkengetallen met een eindige-elementenmodel in 2D. De berekening van de door brand belaste wanden werd uitgevoerd als thermisch-mechanisch gekoppelde eindige-elementenberekening.

Op basis van de brandtests en rekening houdend met de resultaten, werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daarmee werden de invloeden van afzonderlijke parameters op de brandweerstand van de wanden – dus op de resultaten van de brandtests – vastgesteld (tabel 6). Uit de gevoeligheidsanalyse kwam vooral naar voren welke randvoorwaarden en bouwmatériaaleigenschappen een grote invloed hebben op de volgende meeteenheden.

## Temperaturen in de wand

- de aanwezigheid van pleisterwerk;
- volumieke massa en het warmtegeleidingsvermogen van de kalkzandsteen;
- de warmteovergangscoefficiënt en de emissiviteit van het bouwelementoppervlak aan de vuurzijde.

## Vervorming in het midden van de wand

- de aanwezigheid van pleisterwerk;
- de dikte van de wand;
- de thermische uitzettingscoëfficiënt van de kalkzandsteen.

## Brandweerstandsduur

- de aanwezigheid van pleisterwerk;
- de dikte van de wand;
- het belastingsniveau en het soort oplegging (vast of flexibel);
- de thermische uitzettingscoëfficiënt van de kalkzandsteen.

In principe bevestigde de analyse de bestaande ervaringen en bevindingen. Bij het belastingniveau valt op dat een gemiddeld lastniveau van ongeveer 40% belasting van de druksterkte van het metselwerk blijkbaar leidt tot een maximale brandweerstandsduur. Belangrijker zijn de inzichten dat de afmetingen (steenlengte, steenhoogte), de mortelsoort (lijm- of normale mortel) en de elasticiteitsmodule van het metselwerk slechts een onbeduidende invloed hebben op de brandweerstandsduur.

## Validatie van uitgevoerde tests en prognoses

De naberekening toont interessante aspecten. Vooral de naberekening van de begingegevens uit NEN-EN 1996-1-2, zoals de toegepaste thermische uitzettingscoëfficiënt, moet worden gecontroleerd. Uit de vergelijking van de gemeten en berekende doorbuigingen (afbeelding 3) met optimale thermische uitzettingscoëfficiënten, is de conclusie dat bij kalkzandsteenwanden die aan de bovenzijde worden gesteund (wand 5), de doorbuigingen in het midden van de wand in de loop van de test niet progressief toenemen. In plaats daarvan passeren ze een omslagpunt en kunnen ze in de loop van de test zelfs weer afnemen. De wanddikte speelt daarbij vanzelfsprekend een rol. De reden: het eerder beschreven chemische veranderingsproces dat leidt tot ontharding van het materiaal. Dit compenseert de thermische uitzetting en leidt zo tot een vermindering van de doorbuiging. En dat zonder negatieve effecten zoals materiaalafbladdering.



# Tot slot: conclusies

Het in deze brochure beschreven onderzoek en de resultaten ervan hebben niet alleen betrekking op de brandweerstandsduur van kalkzandsteenwanden. Ze leveren ook belangrijke conclusies over de randvoorwaarden van de testmethode en, voor de eerste keer, exactere prognoses voor metselwerk op basis van EEM-berekeningen.

In Nederland zijn de Eurocodes begin 2009 verschenen. Daarbij werden voor de NEN-EN 1996 1-2 ook de nationale bijlagen gepubliceerd. De tabelwaarden zijn afkomstig uit oude tests die alleen met geringe belastingen zijn uitgevoerd en derhalve conservatief zijn.

Gedurende het onderzoek werd duidelijk dat de huidige gegevens in Europese normen het draagvermogen van kalkzandsteenmetselwerk bij brand zeer onderschatten. Dat geldt voor zowel de brandweerstandsduur als

de draagkracht bij brandbelasting. Dat gegeven is terug te voeren op resultaten van oudere tests.

De nu verkregen gegevens vinden naar verwachting binnen afzienbare tijd hun weg naar de nationale en de Europese normen voor brandwerendheid.

*De inhoud van deze brochure is afgeleid uit een artikel zoals geplaatst in 'Mauerwerk', uitgave 6, 2009.*







**VNK VERENIGING NEDERLANDS KALKZANDSTEENPLATFORM**

Blaricummerstraat 119  
1272 JG Huizen

telefoon: (035) 672 05 81  
fax: (035) 621 12 46  
e-mail: [info@vnk.nl](mailto:info@vnk.nl)  
[www.vnk.nl](http://www.vnk.nl)